



Artigo de Revisão

e-ISSN 2177-4560

DOI: 10.19180/2177-4560.v16n12022p161-180

Submetido em: 07 abr. 2021

Aceito em: 26 dez. 2022

Reutilização do efluente de piscicultura para fertirrigação: uma alternativa ambiental e economicamente rentável

Reuse of fish farming effluent for fertigation: an environmentally and economically profitable alternative

Reutilización de efluentes de piscicultura para fertirrigación: una alternativa rentable ambiental y económicamente

Thaise Mota Satiro  <https://orcid.org/0000-0003-1204-1718>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais - campus Rio Pomba

Graduanda em bacharel em Zootecnia.

E-mail: thatamota_10@hotmail.com

Diego Maia Zacardi  <https://orcid.org/0000-0002-2652-9477>

Universidade Federal do Oeste do Pará.

Doutor e Mestre em Ecologia Aquática e Aquicultura pela Pós-Graduação em Ciência Animal (PPGCAN) pela UFPA/UFRA/EMBRAPA Amazônia Oriental.

E-mail: dmzacardi@hotmail.com

Onofre Barroca de Almeida Neto  <https://orcid.org/0000-0002-7844-9671>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais - campus Rio Pomba

Doutorado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa, Brasil.

E-mail: onofre.neto@ifsudeste.edu.br

Resumo: A intensificação da produção de organismos aquáticos quando conduzida de forma inadequada pode levar a um aumento do impacto ambiental em termos de produção de dejetos, com isso, uma forma de minimizar tais fatores, é o reuso da água com vistas à racionalização deste recurso natural. Esta revisão aborda a questão da utilização das águas residuárias de piscicultura na irrigação de culturas agrícolas, mostrando ser uma prática de grande potencial gerando maior produtividade para o agricultor, possibilitando o desenvolvimento de mais de uma atividade econômica adotando o reaproveitamento da água. A estruturação dos dados foi realizada por meio de revisão de literatura com base em trabalhos técnico-científicos divulgados, utilizando ferramentas disponíveis na web como Google Acadêmico, Scientific Electronic Library Online (SciELO) e Web of Science (WoS). As águas residuárias contém elevados teores de nutrientes advindos da ração, excretas e metabólitos dos peixes, principalmente nitrogênio e fósforo, que em quantidades elevadas na água, podem levar à eutrofização dos corpos d'água. Irrigar culturas agrícolas com a água residuária proveniente de piscicultura evita a necessidade do lançamento desses efluentes nos ambientes naturais e em contrapartida os produtos vegetais acabam por utilizar esses nutrientes disponíveis na água para seu metabolismo/crescimento, funcionando como fertirrigação, o que faz com que os produtores reduzam seus custos com fertilizantes. Ressalta-se a necessidade

de mais estudos científicos nessa temática, para tornar possível e dar maior visibilidade desta prática aos produtores, na tentativa de que este sistema seja adotado como modelo de integração.

Palavras-chave: Adubação orgânica. Irrigação. Integração. Nutrientes. Solo.

Abstract: Increased production of aquatic organisms when conducted improperly can lead to an increase in environmental impact in terms of waste production, so one way to minimize such factors is to reuse water to rationalize this natural resource. The present work deals with the use of wastewater from fish farming in the irrigation of agricultural crops, showing that it is a great potential practice, generating more productivity for the producer, allowing the development of more of an economic activity adopting the reuse of water. The structure of the data was made through a literature review based on published technical-scientific works, using tools available on the web such as Google Scholar, Scientific Electronic Library Online (SciELO) and Web of Science (WoS). Wastewater contains high levels of nutrients from fish feed, excreta, and metabolites, mainly nitrogen and phosphorus, which in high amounts in water can lead to eutrophication of water bodies. Irrigating agricultural crops with the wastewater from fish farming avoids the need to launch these effluents in natural environments and in return, the plant products end up using these nutrients available in the water for their metabolism/growth, functioning as a fertigation, which makes the reduce their costs with fertilizers. It is important to emphasize the need for more scientific studies in this area, to make possible and give greater visibility of this practice by the producers, in the attempt that they adopt this system as a model of integration.

Keywords: Organic fertilization. Irrigation. Integration. Nutrients Neotroical. Soil.

Resumen: La intensificación de la producción de organismos acuáticos cuando se realiza de manera inapropiada puede conducir a un aumento del impacto ambiental en cuanto a la producción de residuos, por lo que una forma de minimizar tales factores, es la reutilización del agua con miras a la racionalización de este recurso natural. Esta revisión aborda la cuestión del uso de aguas residuales de la piscicultura en el riego de cultivos agrícolas, mostrando que es una práctica de gran potencial, generando mayor productividad para el agricultor, posibilitando el desarrollo de más de una actividad económica al adoptar la reutilización. de agua. La estructuración de los datos se realizó a través de una revisión de la literatura basada en trabajos técnico-científicos publicados, utilizando herramientas disponibles en la web como Google Scholar, Scientific Electronic Library Online (SciELO) y Web of Science (WoS). Las aguas residuales contienen altos niveles de nutrientes de los piensos, excrementos de peces y metabolitos, principalmente nitrógeno y fósforo, que en grandes cantidades en el agua pueden provocar la eutrofización de los cuerpos de agua. El riego de cultivos agrícolas con aguas residuales de la piscicultura evita la necesidad de liberar estos efluentes en ambientes naturales y en contraste los productos vegetales terminan utilizando estos nutrientes disponibles en el agua para su metabolismo / crecimiento, funcionando como fertirrigación, lo que hace que los productores reduzcan sus costos de fertilizantes. Se enfatiza la necesidad de más estudios científicos sobre este tema, para hacer posible y dar mayor visibilidad de esta práctica a los productores, en un intento de que este sistema sea adoptado como modelo de integración.

Palabras clave: Fertilización orgánica. Riego. Integración. Nutrientes. Tierra.

1 Introdução

A piscicultura se refere a criação de peixes em um espaço confinado e controlado, e se constitui em uma atividade produtiva tradicional de grande importância no desenvolvimento social e de geração de renda, quando promove a oportunidade para a entrada de novos investimentos, com ganhos significativos para a economia regional e nacional, criando empregos e, conseqüentemente, melhorando a qualidade de vida da população local (SCHULTER; VIEIRA FILHO, 2017; ZACARDI et al., 2017), mas apenas nas últimas décadas tem ganhado evidência e importância político-econômica.

Essa atividade produtiva possui potencial devido às características favoráveis, como: índices médios de impacto ambiental, transformação de subprodutos e resíduos agrícolas em proteína animal de excelente qualidade e possibilidade de aproveitamento de áreas improdutivas de pequeno porte ou de baixo rendimento agropecuário, com potencialidade de minimizar a insegurança nutricional e alimentar (CARDOSO et al., 2016).

O Brasil é considerado um dos países de maior potencial para a piscicultura, prática que está difundida em todo o país, graças ao forte mercado doméstico, produção recorde de grãos, indústria de rações estabelecida e amplo território (8,5 milhões de km²), grande parte sob clima tropical, com boa disponibilidade hídrica e áreas favoráveis para a construção de viveiros e aproveitamento de açudes já existentes criados para múltiplos usos (KUBITZA, 2015).

A piscicultura brasileira apontou crescimento de 8% com produção registrada de 691.700 toneladas de peixes no final do ano de 2017, indicando crescimento de 60% entre 2007 e 2017, após enfrentar muitas dificuldades em 2016 quando o país registrou crescimento de apenas 1% sobre o resultado de 2015, devido a situação econômica do Brasil que apresentava-se, naquele momento, redução dos investimentos, aumento do desemprego e queda no consumo de proteínas animais como um todo (MEDEIROS, 2018).

A produtividade e o sucesso do empreendimento dependem fundamentalmente da qualidade da água nos sistemas de criação de peixes, indicada pelas variáveis físicas, químicas e biológicas, relacionada com a água de origem, manejo (calagem, adubação e limpeza), espécies criadas e quantidade e composição do alimento fornecido (MACEDO; SIPAÚBA-TAVARES, 2005; MERCANTE et al., 2007), sendo necessário considerar, também, os impactos que a piscicultura pode causar nos ambientes naturais do seu entorno, como por exemplo às condições do efluente gerado, o que pode inviabilizar o próprio empreendimento (KAWA, 2013), e que certamente expõe a sustentabilidade da atividade.

Neste contexto, é importante que a piscicultura considere o componente ambiental em seu desenvolvimento, uma vez que já existe no mercado uma demanda real e atual na busca de alimentos saudáveis, juntamente, com a exigência de que esse suprimento tenha origem sustentável (MACEDO; SIPAÚBA-TAVARES, 2010). Entretanto, ressalta-se que muitos piscicultores não possuem o conhecimento do potencial poluidor da água residuária gerada na criação e por isso, acabam lançando-a em corpos d'água sem tratamento, causando diversos problemas ambientais (ALVES, 2015).

Nos últimos anos, observa-se nas pesquisas com reúso de água em atividades agropecuárias, que o foco tem sido a produção de alimentos para suprir as carências nutricionais das populações rurais (BERTOCINI, 2008; ROCHA et al., 2010; LIRA et al., 2015), no entanto, há também melhoria de vida no homem do campo sendo promovida pelo aumento de sua renda (SANTOS et al., 2015), aliando duas produções diferentes.

Essa integração é uma alternativa que pode ser rentável ambientalmente, porque, irá evitar a descarga destes efluentes em ambientes naturais ou a necessidade de tratar essas águas residuárias, e também é uma alternativa econômica, uma vez que reduz os custos com a quantidade de fertilizantes químicos necessária às criações, assim como, com a obtenção da água, além de promover o aumento da eficiência produtiva e valor da produção por unidade de água utilizada (GOOLEY; GAVINE, 2003; LIMA, 2010).

Dessa forma, este artigo de revisão aborda aspectos relacionados ao reúso das águas residuárias provenientes da piscicultura, indicando que a reutilização desses efluentes podem funcionar como

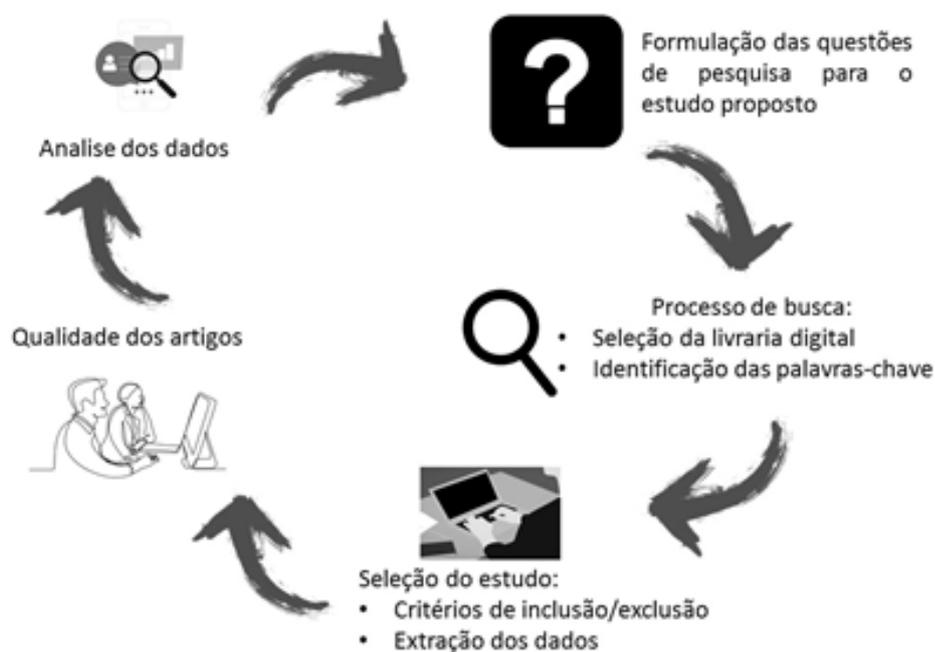
fertirrigação na produção de culturas agrícolas ou em áreas de pastagens, se constituindo em uma alternativa ambiental e economicamente viável.

2 Material e Método

A revisão sistemática processou-se de forma qualitativa, no qual o estudo foi elaborado num protocolo com a questão que se pretende responder, os principais objetivos do estudo e os critérios de inclusão e exclusão. Para a estruturação dos dados foi realizada uma revisão na literatura com base em resumos publicados em congressos, monografias, dissertações, teses, livros, artigos científicos, técnicos e notas de divulgação, utilizando critérios de busca por ferramentas disponíveis na web, como Google Acadêmico, Scientific Electronic Library Online (SciELO) e Web of Science (WoS). Os artigos foram localizados a partir das seguintes palavras-chave: fish farming effluent + water reuse + drainage water + organic matter + Aquaculture. Para efeito de ampliar a pesquisa, também usou formas truncadas e somadas de cada termo. Artigos adicionais foram localizados por busca das mesmas palavras na base Periódicos Capes, afim de ampliar o N amostral de artigos. Alguns artigos foram adicionados através de pesquisa aberta no Google Scholar. Posteriormente adicionou-se o termo “aquaculture effluent”, entretanto os mesmos artigos foram encontrados, havendo repetições e conseqüentemente sua exclusão. A pesquisa não foi restringida por país, desenho do estudo, ano ou metodologia, porém com preferência a estudos mais atuais.

A Figura 1 mostra as etapas seguidas para a realização da pesquisa proposta. A primeira etapa é a formulação das questões de pesquisa, a seleção das palavras-chave adequadas ao processo de busca, os critérios de exclusão e inclusão, a avaliação da qualidade dos artigos e a análise dos dados extraídos dos artigos selecionados de acordo com Wirza e Nazir (2021).

Figura 1 - Protocolo de processo de pesquisa proposto.



Fonte: Adaptado de Wirza & Nazir, 2021.

4 A reutilização de água na agricultura

A água foi por muito tempo considerada pela humanidade como um recurso inesgotável e, talvez por isso, mal gerido. Ressalta-se que a falta de água é um fator limitante ao desenvolvimento econômico e social de qualquer região, e sua utilização de forma desordenada gera sérios conflitos (TUNDISI, 2009). Não faltam exemplos de escassez de água doce, observada pela redução do nível dos lençóis freáticos, o “encolhimento” dos lagos e a secagem dos pântanos em várias regiões do mundo, e esse panorama torna-se ainda mais dramático, quando se constata, simultaneamente, a deterioração dos mananciais de abastecimento, devido ao baixo nível de cobertura dos serviços de tratamento de águas residuárias, da fragilidade da implementação de políticas de proteção desses corpos d’água e da não observação de boas práticas agropecuárias (FLORÊNCIO et al., 2006).

A crise hídrica tem impactado severamente a prática aquícola, e reflete não somente no aspecto quantitativo da disponibilidade de água como também no seu aspecto qualitativo (Barbosa et al., 2012). No entanto, o manejo adequado da água pode conduzir a excelentes resultados na produção de alimentos, porém seu mau uso provoca degeneração do meio físico natural (PAZ et al., 2000).

A grande participação do setor agrícola no consumo de água se explica principalmente pelo uso da água para irrigação. As áreas irrigadas estão aumentando, devido a intensificação dessa prática como uma alternativa estratégica para aumentar a oferta de produtos agrícolas (CARMO et al., 2007; AUGUSTO et al.,

2012), e em áreas de clima seco a irrigação é responsável pelo consumo de 50 a 85% dos recursos hídricos disponíveis (CAPRA; SCICOLONE, 2004).

Essa prática de irrigação agrícola, ainda, é adotada em poucas áreas e pode ser considerada como novidade no Brasil. Segundo Bertocini (2008), isto ocorre principalmente pela ausência de legislação sobre o assunto e a falta de estudos relacionados à determinadas áreas. Todavia, um dos grandes desafios dos recursos hídricos é equilibrar a demanda com a disponibilidade da água existente, para isso uma solução alternativa é o reaproveitamento de águas residuárias, para a produção agropecuária sustentável, principalmente na agricultura.

Para Paz et al. (2000), o desenvolvimento da agricultura irrigada exige procedimentos tecnológicos e econômicos para otimizar o uso da água, para a melhoria de eficiência de aplicação e ganhos de produtividade baseados na resposta da cultura à aplicação de água e outros insumos sem, contudo, comprometer a disponibilidade e qualidade do recurso.

De acordo com Faggion et al. (2009), o uso eficiente da água com conhecimento adequado e a utilização de alternativas que otimizem o seu uso podem contribuir para aumentar a sua disponibilidade, reduzindo problemas de déficit provocados pelo aumento da demanda social em relação à oferta ambiental. Na maioria das áreas agrícolas irrigadas o volume de água utilizado é superior ao realmente necessário para a produção. No entanto, existem diversas alternativas ou técnicas de uso que possibilitam a produção de alimentos com um volume adequado para que se alcance a sustentabilidade na disponibilidade de água para produção de alimentos.

Dentre as alternativas, o reuso de água na agricultura deve ser considerado e empregado como possibilidade de uso racional e eficiente da água, o qual compreende a redução dos gastos, como o controle de perdas e desperdícios, a minimização da produção de efluentes e do consumo indiscriminado de água (ZARED FILHO et al., 2007; CUNHA et al., 2011), como forma de garantir a sustentabilidade e diminuir a pressão sobre os recursos hídricos em geral. A reutilização de água na agricultura pode também servir para atender localidades em que a existência desses recursos é escassa ou em que a estiagem prejudica as lavouras em determinadas épocas do ano.

Outras vantagens do reuso de efluentes para agricultura é a minimização das descargas de esgotos em corpos d'água; preservação de recursos subterrâneos principalmente em áreas onde a utilização excessiva de aquíferos provoca a intrusão de cunha salina ou subsidência de terrenos; permite a conservação do solo, pela acumulação de húmus e aumenta a resistência à erosão; aumenta a concentração de matéria orgânica do solo, possibilitando maior retenção de água; contribui principalmente em áreas carentes, para o aumento da produção de alimentos, elevando assim, os níveis de saúde, qualidade de vida e condições sociais de populações associadas aos esquemas de reuso (MANCUSO; SANTOS, 2007).

Segundo Hespanhol (2002) a utilização de águas que já serviram para um fim específico, mas já tiveram a sua qualidade modificada como as águas de esgotos de origem doméstica e as águas de drenagem

agrícola, tratadas ou não, passam a ser consideradas de qualidade inferior. Entretanto, outros autores (ZANIBONI-FILHO, 1997; LÉON; CAVALLINI, 1999; SOARES, 2005) utilizam diversos termos na literatura para designar esse tipo de águas descartadas que resultam da utilização por diversos processos e possuem seu grau de impureza variado, como água residuária, efluentes, entre outros, e cita-se como exemplo os efluentes de tanques de piscicultura e despejos de linhas de hidroponia.

As maiores vantagens do aproveitamento da água residuária como fertirrigação são a conservação da água disponível, sua grande disponibilidade, possibilidade do aporte e reciclagem de nutrientes, permitindo a redução do uso de fertilizantes químicos garantindo uma redução dos custos de produção para o produtor, além de oferecer benefícios ambientais e socioeconômicos (MEDEIROS et al., 2008), principalmente no que diz respeito a redução do lançamento de efluentes nos corpos d'água (RODRIGUEZ-LIÉBANA, 2014). Portanto, tal necessidade exige conhecimento prévio, não só de suas propriedades, mas também dos efeitos e riscos à saúde e ao meio ambiente (SOUZA et al., 2010).

Esse tipo de água normalmente transporta uma grande quantidade de elementos residuais que se não forem retirados por algum tipo de tratamento, podem prejudicar a qualidade ambiental das águas dos rios (quando ocorre o lançamento direto) ou nos solos (quando aproveitadas para fertirrigação na agricultura). Neste sentido, a irrigação com águas residuárias pode contaminar, inclusive, as plantas da área vizinha aos campos irrigados, alterando e impactando o meio ambiente do entorno, mas a magnitude da contaminação depende do tratamento destas águas, das condições climáticas predominantes da cultura irrigada e do próprio sistema de irrigação (NUVOLARI, 2003). Em contrapartida, o uso de águas residuárias na irrigação, aumenta a produção de biomassa e a produtividade das culturas (JANG, 2012; MOJID et al., 2012).

Todavia, é necessário ter o conhecimento da origem e qualidade do efluente, pois existem riscos de salinização, alteração do pH, problemas na taxa de infiltração do solo e contaminação das culturas por patógenos (PALESE et al., 2009; BEDBABIS, 2014). E por isso, a implantação do reuso deve ser condicionada a especificidades locais, com base nos órgãos competentes e na hierarquia de cargos (CUNHA et al., 2011). Utilizando sempre as normatizações de reuso de água residuária definidas pela Resolução CNRH nº 54/2005 que apontam se ela está dentro dos padrões exigidos para sua utilização nas modalidades pretendidas como a fertirrigação de culturas de forma sustentável, além de garantir que a atividade não seja apontada e penalizada como causadora de impactos ambientais nos corpos hídricos. Assim, o reuso deve constituir a utilização segura do ponto de vista sanitário, sustentável, na forma ambiental e viável no quesito produção.

A eficiência na produção de diferentes culturas agrícolas por meio da utilização de águas residuárias é citada por vários autores os quais observaram que os sistemas de microirrigação com águas residuárias apresentaram maior rendimento das culturas, possibilitando aumento da produtividade e concentração de nitrogênio e fósforo no solo, além de não se fazer necessário a adição de fertilizante químico (MONTE; SOUSA, 1992; OSBURN; BURKHEAD, 1992; BAUNGARTNER et al., 2007). Apesar da água residual

poder ser utilizada como biofertilizante, ela não substitui uma adubação convencional, por não fornecer todos os nutrientes necessários para um bom desenvolvimento da maioria das culturas, ainda que disponibilize uma boa quantidade de macro e micronutrientes (COSTA et al., 2009).

Baugartner et al. (2007) afirma que a irrigação com águas residuárias, principalmente em hortaliças, induz uma preocupação latente que é a contaminação por organismos patogênicos. No estudo de Bastos e Mara (1992) verificaram que a qualidade bacteriológica das hortaliças irrigadas com águas residuárias dentro dos critérios de qualidade recomendada pela OMS (Organização Mundial de Saúde) não oferece riscos à saúde pública. Entretanto, Costa-Vargas et al. (1991), afirmam que mesmo que ocorra contaminação por coliformes totais e fecais, em cultura de alfaces, após o período de aplicação e cessada a irrigação por cinco dias antes da colheita, elas estariam isentas de contaminação, possibilitando o seu consumo.

Em vista do exposto, destaca-se a importância de se considerar os aspectos econômicos (custos de implantação), técnicos (de engenharia nas áreas de saneamento, solos, hidráulica, plantas, entre outras), ambiental e de legislações específicas para a utilização do reuso de água em algumas atividades produtivas.

Vale ressaltar que as normas para utilização da água de reuso ainda estão em processo de aprimoramento, existem diversos estudos para definir parâmetros e aplicações. Contudo, Ostrensky et al. (2008) relata que o Brasil possui uma legislação rigorosa e considerada restritiva quando se considera o uso dos recursos hídricos, com limites restritos para a captação de água em rios, bem como liberação de qualquer tipo de efluentes, além de licenciamentos específicos para cada porte e tipo de empreendimento que se pretenda iniciar.

4.1 Uso do efluente de piscicultura

Os viveiros e tanques de piscicultura abrigam uma comunidade complexa composta de organismos produtores primários (fitoplâncton, perifíton e, por vezes, macrófitas), heterotróficos (peixes, zooplâncton, zoobentos) e decompositores (bactérias e fungos) e é deste equilíbrio estabelecido nestas comunidades que depende diretamente a qualidade da água.

De acordo com Comeau et al. (2001), os principais parâmetros de qualidade de água a serem monitorados na piscicultura são: transparência, pH, alcalinidade, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, temperatura, nutrientes (nitrogênio e fósforo) e clorofila. Dentre as variáveis de qualidade da água, o fósforo é o que apresenta maior dificuldade de retirada em sistemas de tratamento. Portanto, deve-se evitar as concentrações elevadas e aportes deste elemento para dentro do sistema de produção. Diante disso, Mallasen e Barros (2008) sugerem o desenvolvimento de rações que melhorem a retenção de fósforo pelos peixes, reduzindo a emissão desse nutriente para o ambiente.

A Tabela 1 exemplifica o balanço nutricional estimado entre a porção que é liberada durante a produção de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) através da alimentação e a porção que não é incorporada a biomassa produzida e, conseqüentemente, se deslocando para o meio ambiente na forma de resíduos,

assim, para cada tonelada de biomassa final de tilápia produzida, uma carga nutritiva de 1040,63 kg de matéria orgânica, 44,95 kg de nitrogênio e 14,26 kg de fósforo são depositados no ambiente (MONTANHINI NETO; OSTRENSKY, 2015).

Tabela 1 - Estimativa média do balanço de nutrientes e carga total em resíduos, por 1000 g de biomassa de tilápia do Nilo.

Balanço de nutrientes (g)	Matéria orgânica	Nitrogênio	Fósforo
Entrada de alimento	1328,99 (100%) ^a	69,59 (100%)	19,79 (100%)
Perdas de alimentação	236,12 (18%)	12,62 (18%)	3,56 (18%)
Ingestão de alimentos	1092,87 (82%)	56,97 (82%)	16,23 (82%)
Fração indigesto	306,29 (23%)	9,08 (13%)	7,40 (37%)
Excreção solúvel	498,22 (37%)	23,25 (33%)	3,30 (17%)
Carga total de resíduos	1040,63 (78%)	44,95 (65%)	14,26 (72%)

Porcentagem^a entre parênteses representa a participação de cada fração, em relação a entrada pela alimentação.

Fonte: Adaptado de Montanhini Neto e Ostrensky (2015).

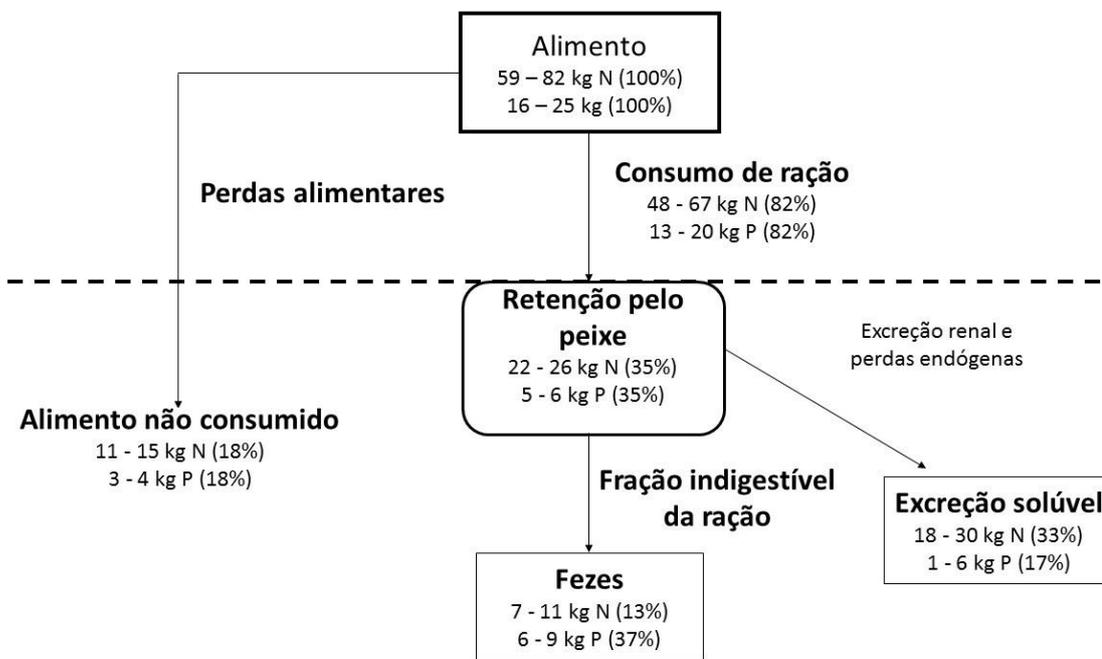
As cargas estimadas na Tabela 1 é uma avaliação primária das perdas de matéria orgânica, nitrogênio e fósforo na produção de tilápia do Nilo no Brasil, considerando as práticas de manejo atuais e os dados da literatura, embora sejam baseadas em muitas simplificações, o nível de incerteza das cargas totais é pequeno, pois foram baseados em dados fornecidos pela indústria. Dessa forma, as estimativas e fluxos de carga de nutrientes apresentados são adequados para estudos de impacto ambiental da produção de tilápia do Nilo em tanques-rede, nas condições comerciais encontradas em regiões tropicais (MONTANHINI NETO; OSTRENSKY, 2015).

Na piscicultura a água é um fator limitante e requerida, no entanto, torna-se inevitável o acúmulo de metabólicos, fosfatados e compostos nitrogenados diluídos no meio aquático, bem como os resíduos orgânicos oriundo da adição de fertilizantes, excreção dos peixes e restos de rações não consumidas e que ficam depositadas no fundo dos viveiros (KUBITZA, 1999; CHAVES; SILVA, 2006). Ações que produzem uma esfera propícia ao aumento da concentração de nitrogênio e fósforo na água, levando a eutrofização. Estes elementos podem ser os principais poluentes em águas naturais e solos que os recebem principalmente nos sistemas de produção semi-intensivos e intensivos de criação.

Informações apresentadas na literatura relatam que somente 25 a 30% do nitrogênio e fósforo fornecido nas dietas alimentares e fertilizantes será aproveitado para a formação da biomassa de peixes, sendo que o restante do nitrogênio e fósforo fica retido no sedimento dos viveiros ou é eliminado pelo efluente (CASILLAS-HERNÁNDEZ et al., 2006).

A figura 2 demonstra um esquema de estimativa de fluxo ambiental de nitrogênio (N) e fósforo (P) na alimentação da tilápia (principal peixe produzido no Brasil). Os valores representam a carga de 1000 kg de biomassa produzida.

Figura 2 - Estimativa do fluxo ambiental de nitrogênio (N) e fósforo (P) na alimentação de tiláioia do Nilo produzidas em tanque-rede.



Fonte: Adaptado de Montanhini Neto e Ostrensky (2015).

O maior impacto ambiental das produções de peixes ocorre durante as despescas, que são tradicionalmente realizadas com a drenagem total dos viveiros, ou seja, a retirada de água do tanque seguido de captura manual dos peixes, procedimento que resulta no revolvimento e suspensão do solo no fundo (MOHEDANO, 2004), e é nesse momento que os nutrientes e o sedimento acumulado são liberados, podendo impactar o corpo d'água receptor. Dessa maneira, a intensificação da produção de peixes quando conduzida de modo inadequado pode levar a um aumento do impacto ambiental em termos de produção de dejetos e uso de água.

Para que a atividade se estabeleça, é preciso que as condições ambientais sejam respeitadas, é fundamental reduzir a quantidade de resíduos e aproveitar as águas fertilizadas oriundas das descargas de ambientes de criação de organismos aquáticos. A produção de peixes deve ser conduzida dentro de parâmetros de qualidade de água especificados pela legislação brasileira. Além de que, é preciso que a qualidade dos efluentes gerados nas pisciculturas seja a melhor possível, a fim de que os impactos ou alterações provocadas nos corpos hídricos a jusante, sejam minimizados.

De acordo com Marques (2017) os impactos da piscicultura podem ser classificados como interno, local ou regional. Os internos são aqueles que interferem no próprio sistema de criação, como por exemplo, a redução de oxigênio dissolvido em um viveiro de piscicultura. Já os impactos locais se estendem a um quilômetro à jusante da descarga dos efluentes e os impactos regionais seriam aqueles efeitos sobre os ambientes aquáticos, com uma escala espacial de vários quilômetros.

A FAO (2016) recomenda as Boas Práticas de Manejo (BPM) para reduzir eventuais problemas ambientais que possam ser causados pelos sistemas de produção de peixes, com a finalidade de indicar maneiras simples e eficazes para melhorar o manejo dos viveiros de produção, de modo a assegurar uma produtividade eficiente e, ao mesmo tempo, prevenir impactos ambientais negativos resultantes da descarga de efluentes que contenham concentrações elevadas de matéria orgânica, sólidos totais suspensos e, possivelmente, outros poluentes. Para Colt (1991) e Zaniboni-Filho (1999) a qualidade e a quantidade dos efluentes provenientes da aquicultura vão variar de acordo com o sistema de produção e as técnicas de manejo, adotado pelo produtor.

O aproveitamento de efluentes de piscicultura para a agricultura irrigada é um possível mecanismo de integração entre os dois sistemas de produção, agricultura e atividade aquícola, sendo uma alternativa técnica de complemento de adubação, utilizada como uma associação ambiental e economicamente rentável (BILLARD et al., 1992; NASCIMENTO et al., 2016), pois resulta em maior diversidade de produtos ou aproveitamento de recursos não explorados, uma vez que são descartados milhares de litros de água residuária a cada ciclo de vida dos peixes e que poderiam ser reaproveitadas para qualquer tipo de cultura irrigada, desde que se tenha conhecimento específico do seu grau de perigo à saúde e ao ambiente.

Várias culturas podem ser integradas com a piscicultura, mas segundo Chaves e Silva (2006) as olerícolas que engloba a produção de hortaliças, parecem ser mais apropriadas, principalmente porque são bastante consumidas e o cultivo geralmente se restringe ao pequeno e médio produtor rural.

Neste caso, ao utilizar efluentes de piscicultura como fertirrigação de hortaliças, de pastagens e/ou na agricultura de forma geral, promove a produtividade do setor agrícola e ajuda a resolver o problema de possíveis impactos ambientais, além de minimizar problemas com escassez de água, criando um sistema mais sustentável e econômico para o produtor (LIMA, 2007).

Em trabalhos realizados sobre a reutilização de efluentes de piscicultura, Castro et al. (2003) avaliando o uso de efluente de viveiro de peixes e água de poço na irrigação do tomate cereja em diferentes adubos, observou que a irrigação com o efluente provocou um aumento da produtividade, sempre que as necessidades das plantas não eram adequadamente supridas pela adubação.

Baugartner et al. (2007) e Maia et al. (2008) ao avaliar a influência da água de viveiros de peixes na composição do biofertilizante em alface, obtiveram resultados positivos para a altura e diâmetro das plantas sob influência do efluente, não tendo alteração na produtividade.

Cunha (2008) observou que as águas residuárias de piscicultura de tilápias exerceu influência nutricional sobre plantas de alface (*Lactuca sativa*) e o solo, apresentando maior teor de nutrientes em relação a água de irrigação oriundas do barramento de rios.

Ao utilizar efluente proveniente da criação de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) para irrigação de feijão (*Vigna unguiculata*), Santos (2009) obteve uma produção de 2.112 Kg de feijão, em um período de 140 dias. Os efluentes gerados nesse sistema atenderam a uma demanda de rega nos 8,75 ha implantados com feijão *Vigna*, durante dois ciclos de cultivo.

Avaliando o desenvolvimento de mudas de tomate, irrigadas com diferentes concentrações de efluente de piscicultura, Nascimento et al. (2016), mostraram que com a elevação das concentrações de água residuária de piscicultura, os valores das variáveis aumentaram, concluindo que a água residuária da piscicultura apresenta-se como alternativa para reuso do ponto de vista nutricional para as plantas, diminuindo o impacto ambiental negativo dos efluentes desse tipo de criação animal.

Abdelraouf e Ragab (2017) executaram um estudo com o uso de água de drenagem de fazendas de peixes para irrigação de trigo ao invés da água doce de canal. Os resultados mostraram um impacto positivo e superior no rendimento do trigo ao aumentar a taxa de nitrogênio aplicado juntamente com água de drenagem de pisciculturas (Tabela 2). O rendimento sob DWFF foi maior do que o tratamento de IW entre 11 e 51% em 2014 e entre 8 e 38% em 2015. A maior diferença foi associada com o menor tratamento de nitrogênio. Isto é provavelmente devido à quantidade adicional de nitrogênio biológico dissolvido e outros nutrientes inerentes ao DWFF. Indicando que a absorção total de N melhorou o DWFF quando comparado com o IW. Assim como, o rendimento sob tratamentos DWFF foi maior em relação ao IW. Isto é possivelmente devido à quantidade adicional de nitrogênio biológico que estava presente no DW.FF (15 kg N ha⁻¹ em 2014 e 13 kg N ha⁻¹ em 2015), como outros nutrientes quando comparado com o IW.

Tabela 2. Efeito da qualidade da água e taxa de fertirrigação de nitrogênio no índice de colheita e produtividade do trigo.

Período	Tratamento de irrigação	Taxa de aplicação de Nitrogênio	HI	Rendimento observado, t/ha	% Diferença de rendimento observada (DWFF-IW)/IW
2014	DWFF	100% N	0,48	4,43 a	10,8
		80% N	0,46	4,14 b	16,6
		60% N	0,39	3,47 e	21,3
		40% N	0,35	3,05 f	51,0
	IW	100% N	0,44	4,00 c	
		80% N	0,40	3,55 d	

		60% N	0,33	2,86 g	
		40% N	0,25	2,02 h	
	LSD 5%			0,02	
2015	DWFF	100% N		4,11 a	8,4
		80% N		3,84 b	17,4
		60% N		3,25 d	26,0
		40% N		2,75 e	38,2
	IW	100% N		3,79 c	
		80% N		3,27 d	
		60% N		2,58 f	
		40% N		1,99 g	
	LSD 5%			0,03	

HI: índice de colheita; DWFF: drenagem de água das pisciculturas; IW: irrigação de água doce; LSD: Comparação de médias entre os tratamentos a 5% de significância.

Fonte: Adaptado de Abdelraouf e Ragab (2017).

Vale ressaltar também que a integração da piscicultura com a hidroponia (aquaponia) pode se apresentar como uma solução para proporcionar o uso mais eficiente da água, incrementando a produção de peixes e vegetais sem aumentar o consumo de água, evitando o despejo do efluente da piscicultura em corpos d'água a jusante e fornecendo um fertilizante natural para a planta de cultivo (MARISCAL-LAGARDA et al., 2012), de forma a contribuir para otimizar os espaços e recursos naturais levando ao desenvolvimento de sistemas integrados de produção, com o principal objetivo de reduzir o consumo da água e tratar o efluente da piscicultura, reaproveitando os nutrientes para o crescimento de vegetais.

4.2 Utilização de efluentes de piscicultura na irrigação de áreas de pastagens

A pastagem é a principal fonte de alimento para animais ruminantes, sendo mais econômico em relação ao concentrado, que são alimentos com baixo teor de fibra e alto valor energético. No entanto, os ecossistemas das pastagens são complexos, além de possuir uma série de componentes abióticos e bióticos que interagem entre si de formas diferentes (MARANHÃO et al., 2010).

Com a reutilização de água de piscicultura, é possível produzir duas culturas diferentes, os peixes e a forragem, pois, essa água depois de acrescida de microelementos nos viveiros (biofertilizante natural) pode ser drenada e lançada ao pasto, auxiliando na produção de proteína animal, como leite e carne por meio dos ruminantes (FURTADO, 2015).

As plantas atuam como extratoras de grande parte dos macronutrientes e micronutrientes da água residuária em tratamento e podem extrair ou possibilitar a transformação de substâncias que contenham metais pesados e compostos orgânicos tóxicos (MATOS et al., 2010).

Nesse sistema, é importante a escolha da espécie forrageira atentando-se para algumas características como: devem ser perenes, de fácil propagação, possuírem alta tolerância ao excesso de água e ambientes eutrofizados, alta capacidade de remoção de nutrientes e poluentes, com denso sistema radicular, sendo resistente a pragas e doenças, assim como a cortes frequentes e sucessivos (MATOS et al., 2008).

Rocha et al. (2002), destacam que um dos principais problemas na produtividade das pastagens tropicais é a deficiência em nitrogênio. E como já abordado, sabe-se que as águas residuárias de piscicultura possuem altas concentrações deste nutriente.

O efluente de piscicultura utilizado para irrigação das culturas de sorgo, capim-elefante, cana-de-açúcar e milho, promoveu o aumento da produção de massa verde, mostrando que é uma alternativa viável (Ângelo, 2009). Miranda et al. (2010), ao usar efluente aquícola e água de rio na irrigação das forrageiras Tanzânia (*Panicum maximum cv. Tanzânia*) e Mombaça (*Panicum maximum cv. Mombaça*) concluíram que a produtividade foi semelhante.

Em estudo de avaliação do desenvolvimento do Capim *Brachiaria brizantha cv. BRS Piatã*, irrigado com diferentes concentrações de efluente de piscicultura, Souza e Neto (2018), obtiveram melhor resultado no desenvolvimento quando foram irrigados no tratamento utilizando 100% de água residual nas variáveis de altura da planta e tamanho de raiz.

Satiro et al. (2019) avaliou a produtividade da forrageira *Panicum Maximum brs Zuri* fertirrigada com água residuária da piscicultura que se mostrou eficiente na melhoria da qualidade da forrageira, promovendo aumento do teor de proteína bruta. Contudo, os estudos relacionados a utilização de efluentes de piscicultura em pastagens são escassos, sendo uma integração não muito praticada, mas que possui grandes chances de se estabelecer nas propriedades, principalmente em áreas de escassez de água. Muitas vezes, o que falta também é o conhecimento e informação aos produtores sobre o procedimento, por isso, a importância de técnicos da área em tornar o assunto acessível e conhecido entre produtores. Ademais, a comunidade científica deve dar mais enfoque ao tema abordado, para que ganhe maior visibilidade no mundo acadêmico com a realização de pesquisas. As informações reunidas neste trabalho sustentam a viabilidade da utilização de efluentes de piscicultura para a irrigação de culturas agrícolas e pastagens, tendo em vista a múltipla utilização de efluentes.

5 Considerações finais

Diante dos resultados, é possível concluir que devido o crescimento da aquicultura nos últimos anos, muitos relatam que a atividade poderia apresentar impacto negativo sobre o ambiente, relacionados principalmente a resto de alimento não consumidos e pela excreção dos peixes. Isso dependeria da

quantidade, do tempo o qual são liberados e da eficiência de assimilação e de lavagem do corpo de água receptor local (FORCHINO et al. 2011; GIGORAKIS; RIGOS 2011), provocando o enriquecimento de nutrientes na água, principalmente nitrogênio e fósforo, responsáveis por provocar a eutrofização dos corpos d'água. Contudo, a fim de reduzir as cargas de efluentes lançadas ao ambiente, a água da criação de peixes pode ser reutilizada para o cultivo de culturas agrícolas e gramíneas. A partir dessa revisão foi possível verificar o quanto a água de criação de peixes é rica em nutrientes, e que é aproveitada pelas culturas agrícolas e gramíneas, no qual produtores podem obter duas fontes de renda diferentes em sua propriedade, e contribuindo de forma positiva para o ambiente.

Referências

ABDELRAOUF, R. E.; RAGAB, R. The benefit of using drainage water of fish farms for irrigation: field and modelling study using the SALTMED model. **Irrigation and Drainage**, v. 66, n. 5, p. 758-772, 2017.

ALVES, M. M. **Uso da semente de *Moringa oleífera* no tratamento físico-químico de água residuária de piscicultura**. Londrina, 66 f. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2015.

ÂNGELO, F. A. **Qualidade da água para irrigação no desempenho de gramíneas forrageiras no semiárido paraibano**. Patos, 55 f. Tese (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Campina Grande, 2009.

AUGUSTO, L. G. S. et al. O contexto global e nacional frente aos desafios do acesso adequado à água para consumo humano. **Revista ciência e saúde coletiva**, v. 17, n. 6, p. 1511-1522, 2012.

BARBOSA, J. E. L. et al. Aquatic systems in semi-arid Brazil: limnology and management. **Acta Limnologica Brasileira**, v. 24, n. 1, p. 103-118, 2012.

BASTOS, R. K. X., & MARA, D. D. Irrigacion de hortalizas com águas residuales: Aspectos sanitários. In: **Congreso interamericano de ingenieria sanitaria y ambiental** (pp. 22-8). Buenos Aires: Argentina, 1992.

BEDBABIS, S. et al. Effect of irrigation with treated wastewater on soil chemical properties and infiltration rate. **Journal of Environmental Economics Management**, v. 133, n. 1, p.45-50, 2014.

BERTONCINI, E. I. Tratamento de Efluentes e Reúso da Água no Meio Agrícola. **Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária**, v. 1, n. 1, p. 152-169, 2008.

BILLARD, R., SERVRIN-REYSSAC, J. Les impacts negatoifs et positifs de la pisciculture détang sur l'énvironnement. In: G. Barnabé & P. Kestemont (Eds.). **Production, Environment and Quality** (pp. 17-29). Belgium: European Aquaculture Society Special Publication, 2016.

CAPRA, A., SCICOLONE, B. Emitter and filter for wastewater reuse by drip irrigation. **Agricultural Water Management**, v. 68, n.2, p. 135-149, 2004.

CARDOSO, A. S., EL-DEIR, S. G., CUNHA, M. C. C. Bases da sustentabilidade para atividade de piscicultura no semiárido de Pernambuco. **Interações**, v. 17, n. 4, p. 645-653, 2016.

CARMO, R. L. et al. Água virtual, escassez e gestão: O Brasil como grande exportador de água. **Ambiente & sociedade**, v. 10, n. 1, p. 83-96, 2007.

- CASILLAS-HERNÁNDEZ, R. et al. Nutrient mass balances in semi-intensive shrimp ponds from Sonora, Mexico, using two feeding strategies: trays and mechanical dispersal. **Aquaculture**, v. 258, n. 1-4, p. 289-298, 2006.
- CASTRO, R. S. et al. Produtividade do tomate cereja cultivado em sistema orgânico, irrigado com efluente de piscicultura. **Horticultura Brasileira**, v. 21, n. 2, Suplemento CD, 2003.
- CHAVES, S. W. P., SILVA, I. J. Integração da piscicultura com a agricultura irrigada. **Thesis São Paulo**, v. 6, n. 1, p. 9-17, 2006.
- COLT, J. Aquacultural production systems. **Journal of Animals Science**, v. 69, n. 1, p. 4183-4192, 1991
- COMEAU, Y. et al. Phosphorus removal from trout farm effluents by constructed wetlands. **Water Science and Technology**, v. 44, n. 11-12, p. 55-60, 2001.
- COSTA, F. X. et al. Efeitos residuais da aplicação de biossólidos e da irrigação com água residuária no crescimento do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 6, p. 687-693, 2009.
- COSTA-VARGAS, S. M. V., MARA, D. D., VARGAS-LOPES, C. E. Residual fecal contamination on effluent irrigated lettuce. **Water Science Technology**, v. 24, n. 9, p. 89-94, 1991.
- CUNHA, A. H. N. et al. O reuso de água no Brasil: a importância da reutilização de água no país. **Enciclopédia Biosfera**, v. 7, n. 13, p. 1225-1248, 2011.
- ERTHAL, V. J. et al. Características fisiológicas, nutricionais e rendimento de forrageiras fertigadas com água residuária de bovinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 5, p.458-466, 2010.
- FAGGION, F., OLIVEIRA, C. A. S., CHRISTOFIDIS, D. Uso eficiente da água: uma contribuição para o desenvolvimento sustentável da agropecuária. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, v. 2, n. 1, p. 187-190.
- FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2016**: contributing to food security and nutrition for all. Rome, Itália, 2016.
- FORCHINO, A. et al. Evaluating the influence of off-shore cage aquaculture on the benthic ecosystem in Alghero Bay (Sardinia, Italy) using AMBI and M-AMBI. **Ecological Indicators**, v. 11, n. 5, p. 1112-1122, 2011.
- FURTADO, F. M. V. **Característica do solo, crescimento e composição química do capim-tifton sob adubação e irrigação com água residuária da piscicultura**. Fortaleza, 62 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal do Ceará, 2015.
- GOOLEY, G. J.; GAVINE F. M. **Integrated Agri-aquaculture Systems**. A Resource Handbook for Australian Industry Development: Rural Industry Research and Development Corporation, 2003.
- GIL, I., ULLOA, J. J. Positive aspects of the use of water: the reuse of urban wastewater and its effect on areas of tourism. *Options méditerr*, v. 31, n. 1, p. 218-229, 1997.
- GRIGORAKIS, K.; RIGOS, G. Aquaculture effects on environmental and public welfare—the case of Mediterranean mariculture. **Chemosphere**, v. 85, n. 6, p. 899-919, 2011.
- CHALLOUF, R. et al. Environmental assessment of the impact of cage fish farming on water quality and phytoplankton status in Monastir Bay (eastern coast of Tunisia). **Aquaculture international**, v. 25, n. 6, p. 2275-2292, 2017.

- HESPANHOL, I. Potencial de reuso de água no Brasil: Agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 7, n. 4, 75-95, 2002.
- JANG, T. I. et al. Assessing nutrient losses of reclaimed wastewater irrigation in paddy fields for sustainable agriculture. **Agriculture Water Management**, v. 10, n. 4, p. 235-243, 2012.
- KERAITA, B., JIMÉNEZ, B., DRECHSEL, P. Extent and implications of agricultural reuse of untreated, partly treated and diluted wastewater in developing countries. **Reviews Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources**, v. 3, n. 58, 1-15, 2008.
- KUBITZA, F. **Qualidade da água na produção de peixes**. Jundiaí: Divisão de Biblioteca e Documentação - Campus "Luiz de Queiroz" USP, 2009.
- KUBITZA, F. Aquicultura no Brasil: principais espécies, áreas de cultivo, rações, fatores limitantes e desafios. **Panorama da Aquicultura**, v. 25, n. 150, 11-18, 2015.
- LÉON, G. S., CAVALLINI, J. M. **Tratamento e uso de águas residuárias**. Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba, 1999.
- LIMA, E. L. R. **Qualidade da água e dos efluentes em viveiros de reprodução de *Astyanax lacustris* (Reinhardt, 1874) na Estação de Piscicultura de Paulo Afonso – BA**, Recife, 62 f. Dissertação (Mestrado em Recursos pesqueiros e Aquicultura) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2010.
- LIMA, C. B. **Utilização de efluente de piscicultura na irrigação de pimentão cultivado com fosfato natural e esterco bovino**, Rondônia, 55 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, 2007.
- LIRA, R. M. ET AL. A utilização de águas de qualidade inferior na agricultura irrigada, **Revista Geama, Environmental Sciences**, v. 1, n. 3, p. 841-862, 2015.
- MACEDO, C. F., SIPAÚBA-TAVARES, L. H. Comunidade planctônica em viveiros de criação de peixes com distribuição sequencial. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 31, n. 1, p. 21-27, 2005.
- MACEDO, C. F., SIPAÚBA-TAVARES, L. H. Eutrofização e qualidade da água na piscicultura: consequências e recomendações. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 36, n. 2, p. 149-163, 2010.
- MAIA, S. S. S. et al. Efeito do efluente de viveiro de peixe na composição de biofertilizantes na cultura da alface. **Revista Verde**, v. 3, n. 2, 36-43, 2008.
- MALLASEN, M., BARROS, H. P. Interferência de uma piscicultura em tanques-rede na concentração de nutrientes na água. In: **AquaCiência** (pp. 33-47). Maringá: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, 2008.
- MPA - Ministério da Pesca e Aquicultura. **Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura: 2008-2009**. Brasília: Ministério da Pesca e Aquicultura, 2010.
- MARANHÃO, C. M. A. et al. Productive traits of Brachiaria grass subject to cutting intervals and nitrogen fertilization over three seasons. **Acta Scientiarum Animal Science**, v. 32, n. 1, p. 375-384, 2010.
- MARISCAL-LAGARDA, M. M. et al. Integrated culture of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) and tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) with low salinity groundwater: management and production. **Aquaculture**, v. 366, n. 1, p. 76-84, 2012.
- MARQUES, E. A. T. **Piscicultura e sistema de wetland construída no semiárido: características e potencialidades**, Recife, 206 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal de Pernambuco, 2017.

- MATOS, A. T. ET AL. Capacidade extratora de plantas em sistemas alagados utilizados no tratamento de águas residuárias de laticínios. **Revista brasileira e engenharia agrícola e ambiental**, v. 14, n. 12, p.1311-1317.
- MATOS, A. T., ABRAHÃO, S. S.; PEREIRA, O. G. Desempenho agrônômico de capim tifton 85 (*Cynodon* spp.) cultivado em sistemas alagados construídos utilizados no tratamento de água residuária de laticínios. **Revista Ambiente e Água**, v. 3, n. 1, p. 43-53, 2008.
- MEDEIROS, F. Piscicultura no Brasil - Associação Brasileira de Piscicultura. **Anuário PeixeBR da Piscicultura**, v. 1, n. 1, p. 22-29, 2018.
- MEDEIROS, S. S. et al. Utilização de água residuária de origem doméstica na agricultura: Estudo do estado nutricional do cafeeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 2, p. 109-115, 2008.
- MERCANTE, C. T. J. et al. Qualidade da água em viveiro de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*): caracterização diurna de variáveis físicas, químicas e biológicas, São Paulo, Brasil. **Bioikos**, v. 21, n. 2, p. 79-88, 2007.
- MIRANDA, F. R. et al. Uso de efluentes da carcinicultura na irrigação de *Panicum maximum* cvs. Tanzânia e Mombaça. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 41, n. 1, p. 46-52, 2010.
- MOHEDANO, R. A. **Tratamento de efluente e produção de alimento, em cultivo de tilápias (*Oreochromis niloticus*), através da macrófita aquática *Lemna valdiviana* (Lemnaceae) – uma contribuição para a sustentabilidade da aquicultura**, Florianópolis, 44 f. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) – Universidade Federal de São Carlos, 2004.
- MOJID, M. A., BISWAS, S. K., WYSEURE, G. C. L. Interaction effects of irrigation by municipal wastewater and inorganic fertilisers on wheat cultivation in Bangladesh. **Field Crops Research**, v. 134, n. 1, p. 45-50, 2012.
- MONTANHINI NETO, R., OSTRENSKY, A. Nutrient load estimation in the waste of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L.) reared in cages in tropical climate conditions. **Aquaculture research**, v. 46, n. 6, p. 1309-1322, 2015.
- NASCIMENTO, T. S. ET AL. Irrigação com efluente de piscicultura no cultivo de mudas de tomate. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 10, n. 4, p. 866-874, 2016.
- NUVOLARI, A. **Esgoto sanitário: Coleta, transporte, tratamento e resíduo agrícola**. São Paulo: Edgard Blucher, 2003.
- OSTRENSKY, A., BORGHETTI, J. R., SOTO, D. **Aquicultura no Brasil, o desafio é crescer**. Brasília: Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação, 2008.
- PALESE, A. M. et al. Irrigation of olive groves in Southern Italy with treated municipal wastewater: effects on microbiological quality of soil and fruits. **Agriculture Ecosystems Environment**, v. 129, n. 1, p. 43-51, 2009.
- PAZ, V. P. S., TEODORO, R. E. F., MENDONÇA, F. C. Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 4, n. 3), p. 465-473, 2000.
- QUEIROZ, J. F., BOEIRA, R. C., SILVEIRA, M. P. **Coleta e preparação de amostras de sedimentos de viveiros de aquicultura**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004.

Resolução CNRH N° 54/2005 – **Conselho Nacional de Recursos Hídricos**, 2005. Disponível em: <http://www.cnrh.gov.br/reuso-de-agua-recursos-hidricos/37-resolucao-n-54-de-28-de-novembro-de-2005/file>. Acesso em: 22/11/2020.

ROCHA, F. A., SILVA, J. O., BARROS, F. M. Reuso de águas residuárias na agricultura: A experiência israelense e brasileira. **Enciclopédia Biosfera**, v. 6, n. 1, p. 1-9, 2010.

ROCHA, G. P. et al. Adubação nitrogenada em gramíneas do gênero *Cynodon*. **Ciência Animal Brasileira**, v. 3, n. 1, p. 1-9, 2002.

RODRÍGUEZ-LIÉBANA, J. A. et al. Irrigation of a Mediterranean soil under field conditions with urban wastewater: effect on pesticide behaviour. **Agriculture Ecosystems Environment**, v. 185, n. 2, p. 176-185, 2014.

SAMPAIO, S. C., DAMASCENO, S., FAZOLO, A. Uso de águas residuárias de agroindústrias suinocultura. In: **Workshop Uso e Reuso de Águas de Qualidade Inferior: Realidades e Perspectivas** (pp. 232-267). Campina Grande: UFCG/UEPB, 2005.

SANDRI, D., MATSURA, E. E., TESTEZLAF, R. Desenvolvimento da alface Elisa em diferentes sistemas de irrigação com água residuária. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, n. 1, p. 17-29, 2007.

SANTOS, E. S. et al. Avaliação da sustentabilidade ambiental do cultivo de peixes ornamentais com reuso de água. **Conexões, ciência e tecnologia**, v. 9, n. 3, p. 15-23, 2015.

SANTOS, F. J. S. **Cultivo de tilápia e uso de seu efluente na fertirrigação de feijão vigna**, Paraíba, 153 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, 2009.

SÁTIRO, T. M. et al. **Uso da água residuária de piscicultura como fertirrigação na forrageira zuri: avaliação do teor de proteína bruta**. In: **29º Congresso Brasileiro de Zootecnia. 2019**.

SCHULTER, E. P., VIEIRA FILHO, J. E. R. **Evolução da piscicultura no Brasil: diagnóstico e desenvolvimento da cadeia produtiva de tilápia**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2017.

SILVA, M. S. G. M.; LOSEKANN, M. E., HISANO, H. **Aquicultura: manejo e aproveitamento de efluentes**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2013.

SOARES, A. A., BATISTA, R. O., SOUZA, J. A. A. Aspectos técnicos da irrigação com águas de qualidade inferior. In: **Workshop Uso e Reuso de Águas de qualidade inferior** (pp. 347-373). Realidades e Perspectivas. Campina Grande: UFCG/UEPB, 2005.

SOUSA, J. T., LEITE, V. D. **Tratamento e utilização de esgotos domésticos na agricultura**. Campina Grande: EDUEP, 2003.

SOUZA, N. C. et al. Produtividade da mamona irrigada com esgoto doméstico tratado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 5, p. 478-484, 2010.

SOUZA, P. P., NETO, J. R. S. **Reaproveitamento da água de piscicultura na irrigação da forragem *Brachiaria brizantha* cv. Brs piatã**. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, v. 6, n. 3, 28-43, 2018.

TUNDISI, J. G., TUNDISI, T. M. **A água - Folha explica**. Ed. Publifolha, São Paulo, 2009.

ZACARDI, D. M. et al. Aquaculture's socioeconomic and productive characterization developed in Santarém, Pará. **Acta of Fisheries and Aquatic Resources**, v. 5, n. 3, p. 102-112, 2017.

ZANIBONI-FILHO, E.O impacto ambiental de efluentes da piscicultura. **Simpósio sobre manejo e nutrição de peixes**, v. 3, n. 1, p. 1-14, 1999.

ZANIBONI-FILHO, E. O desenvolvimento da piscicultura brasileira sem a deterioração da qualidade de água. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 57, n. 1, p. 3-9, 1997.

WIRZA, R. NAZIR, S. Urban aquaponics farming and cities- a systematic literature review. **Reviews on Environmental Health**, v. 36, n. 1, p. 47-61, 2021.